

**ANALISIS DAMPAK KECELAKAAN REAKTOR KARTINI DITINJAU  
DARI DISTRIBUSI RADIONUKLIDA  $^{90}\text{Sr}$  dan  $^{137}\text{Cs}$   
MENGUNAKAN *SOFTWARE* PC COSYMA**



**DESINTHA FACHRUNNISA  
M0213021**

**SKRIPSI**

**Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan mendapatkan gelar  
Sarjana Sains**

**PROGRAM STUDI FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS SEBELAS MARET  
SURAKARTA  
AGUSTUS 2017**

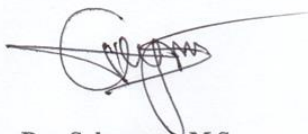
**HALAMAN PERSETUJUAN  
SKRIPSI**

**ANALISIS DAMPAK KECELAKAAN REAKTOR KARTINI DITINJAU  
DARI DISTRIBUSI RADIONUKLIDA  $^{90}\text{Sr}$  dan  $^{137}\text{Cs}$   
MENGUNAKAN *SOFTWARE* PC COSYMA**

**Oleh :**

**DESINTHA FACHRUNNISA  
M0213021**

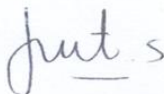
**Pembimbing 1**



**Drs. Suharyana, M.Sc  
196112171989031003**

**Tanggal : 1 Agustus 2017**

**Pembimbing 2**



**Dr. Diah Hidayanti  
198101142005012001**

**Tanggal : 1 Agustus 2017**

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi dengan judul : Analisis Dampak Kecelakaan Reaktor Kartini Ditinjau  
Dari Distribusi Radionuklida  $^{90}\text{Sr}$  dan  $^{137}\text{Cs}$   
Menggunakan *Software* PC-Cosyma

Yang ditulis oleh :  
Nama : Desintha Fachrunnisa  
NIM : M0213021

Telah diuji dan dinyatakan lulus oleh dewan penguji pada  
Hari : Selasa  
Tanggal : 1 Agustus 2017

Dewan Penguji :

1. Ketua Penguji  
Dr. Eng. Budi Purnama, M.Si  
NIP. 19731109 200003 1 001
2. Sekretaris Penguji  
Drs. Hery Purwanto, M.Sc  
NIP. 19590518 198703 1 002
3. Anggota Penguji 1  
Drs. Suharyana, M.Sc  
NIP. 19611217 198903 1 003
4. Anggota Penguji 2  
Dr. Diah Hidayanti  
NIP. 19810114 200501 2 001

bf

jut.s

Disahkan pada tanggal 17-09-2017  
Oleh

Kepala Program Studi Fisika  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Sebelas Maret Surakarta  
Dr. Fahrurrozyid, S.Si., M.Si.  
NIP. 19721013 200003 1 002

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi intelektual Skripsi saya yang berjudul “Analisis Dampak Kecelakaan Reaktor Kartini Ditinjau Dari Distribusi Radionuklida  $^{90}\text{Sr}$  dan  $^{137}\text{Cs}$  Menggunakan *Software* PC Cosyma” adalah hasil kerja saya dan sepengetahuan saya hingga saat ini Skripsi tidak berisi materi yang telah diajukan untuk mendapatkan gelar kesarjanaan di Universitas Sebelas Maret atau di Perguruan Tinggi lainnya kecuali telah dituliskan di bagian terima kasih. Isi skripsi ini boleh dirujuk atau digandakan secara bebas tanpa memberitahu penulis.

Surakarta, 28 Juli 2017

Desintha Fachrunnisa

## **MOTTO**

**“ Bermimpilah seakan kamu akan hidup selamanya. Hiduplah seakan kamu akan mati hari ini”- James Dean**

**“Yakinlah kamu bisa dan kamu sudah separuh jalan menuju kesana”- Theodore Roosevelt**

**“Hidup ini adalah sebuah pilihan, kita lah yang menentukan. Memilih untuk terus maju atau berhenti”- Desintha**

## **PERSEMBAHAN**

Dengan mengucapkan alhamdulillah, saya persembahkan Skripsi ini untuk :

1. Keluarga tercinta, yaitu Bapak, Ibu, dan adik – adik yang telah mendukung saya secara moril maupun materil
2. Almamater kebanggaan saya Universitas Sebelas Maret
3. Bapak Drs. Suharyana, M.Sc, Ibu Dr. Diah Hidayanti dan Ibu Dra. Riyatun, M.Si yang telah membimbing saya selama proses menyelesaikan skripsi
4. Rekan – rekan dalam satu Grup Riset “Nuklir & Radiasi” yaitu Hanifah, Qisma, Aul, Ajeng, Feni, Dian, Uswa, Rara, Yunita, Wara, Mas Aziz, Andi Sakti dan Arum yang telah memberi dukungan dan motivasi disaat saya mengalami lelah dalam proses pengerjaan Skripsi serta bersedia mendengarkan keluh kesah..
5. Dian Filani, Radina Qisma, Saiva Nur Inayah, Lela Suprihatin, Arum Sekar, Silvi Aningtyas dan Annashr Tanjung selaku sahabat-sahabat saya dari awal masuk kuliah. Karena kalian saya bertahan disini dan dapat menyelesaikan sampai akhir. Terima kasih untuk segala nya.
6. Qurrota Ayun, Rina Ekasari dan Getta Nurdiansyah terima kasih sudah menjadi sahabat yang terbaik selama ini, dan mendukung dalam menyelesaikan Skripsi ini.
7. Adik-adik ku tercinta Zulva, Fikha, Anggi, Sasa yang menemani disaat jenuh dan bosan.
8. IKAMALA-Solo, terima kasih sudah menjadi keluarga selama di lampung, berkumpul bersama kalian serasa pulang kerumah. Dan keluarga baru ku KKN Wonosobo yang telah memberikan cerita baru di hidup ini.
9. Teman-teman fisika UNS, khususnya keluarga saya yaitu teman – teman EMF 2013.

**ANALISIS DAMPAK KECELAKAAN REAKTOR KARTINI DITINJAU  
DARI DISTRIBUSI RADIONUKLIDA  $^{90}\text{Sr}$  dan  $^{137}\text{Cs}$   
MENGUNAKAN *SOFTWARE* PC COSYMA**

DESINTHA FACHRUNNISA

Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Sebelas Maret

**ABSTRAK**

Telah dilakukan simulasi tentang analisis dampak kecelakaan reaktor Kartini terhadap distribusi radionuklida  $^{90}\text{Sr}$  dan  $^{137}\text{Cs}$  menggunakan *software* PC-Cosyma yang bertujuan untuk mengetahui nilai konsentrasi radionuklida yang terdeposisi ke tanah dan dosis efektif yang diterima masyarakat. Metode simulasi yaitu menggunakan perhitungan deterministik. Metode ini hanya memperhatikan satu nilai tunggal untuk setiap parameter. Tahap pertama dilakukan simulasi yaitu menghitung nilai radioaktivitas nuklida hasil fisi menggunakan program ORIGEN2, yang dijadikan data inventori pada *software* PC-Cosyma. Diasumsikan kecelakaan reaktor terjadi di bulan Juni pada musim kemarau, pada kondisi ini angin bergerak cenderung dari arah Tenggara dengan kecepatan angin sebesar 5,28 m/s. Kondisi stabilitas atmosfer di sekitar reaktor diasumsikan kategori ekstrem, dikarenakan wilayah Yogyakarta sering mengalami bencana alam seperti gempa bumi. Wilayah penelitian dibagi menjadi 16 sektor dan wilayah yang terdampak paling besar berada pada sektor 15, dikarenakan angin bergerak menuju barat laut. Pada simulasi ini didapatkan hasil nilai konsentrasi yang terdeposisi ke tanah untuk nuklida  $^{90}\text{Sr}$  sebesar  $(9,554 \pm 0,0097) \times 10^5$  Bq/m<sup>3</sup> dan nuklida  $^{137}\text{Cs}$  sebesar  $(7,712 \pm 0,027) \times 10^4$  Bq/m<sup>3</sup>, sedangkan dosis efektif yang diterima masyarakat sebesar  $(3,974 \pm 0,199) \times 10^{-2}$  mSv. Jika dibandingkan dengan Perka Bapeten Nomor 7 tahun 2013 Tentang Nilai Batas Dosis Lingkungan bahwa nilai konsentrasi di tanah di sektor 15 pada jarak 0,25 km dari pusat kecelakaan melebihi batas aman untuk kedua nuklida, sedangkan menurut Perka Bapeten Nomor 4 Tahun 2013 Tentang Proteksi dan Keselamatan Radiasi Dalam Pemanfaatan Tenaga Nuklir di sektor 15 pada jarak 0,25 km masih dalam batas aman.

Kata Kunci : Kecelakaan reaktor, Metode deterministik, ORIGEN2, dan PC-Cosyma

**IMPACT ANALYSIS OF KARTINI REACTOR ACCIDENT IN TERMS OF  
 $^{90}\text{Sr}$  and  $^{137}\text{Cs}$  RADIONUCLIDE DISTRIBUTION USING PC COSYMA  
SOFTWARE**

DESINTHA FACHRUNNISA

Physics Departement, Faculty of Mathematics and Natural sciences  
Sebelas Maret University

**ABSTRACT**

*A simulation concerning on the impact analysis of Kartini Reactor accident in terms of  $^{90}\text{Sr}$  and  $^{137}\text{Cs}$  radionuclide distribution using PC-Cosyma software have been done to determine the value of deposited radionuclide concentration on the ground and effective dose received by the population. The simulation is using deterministic calculation method. This method is only takes one single value for each parameter. The first step of simulation is to calculate the radioactivity value of fission nuclide using program named ORIGEN2, which is used as inventory data in PC-Cosyma software. Reactor accident is assumed occurs in June during the dry season, in this situation the wind blows from Southeast with 5,28 m/s as the wind speed. The condition of atmospheric stability around the reactor is assumed to be an extreme category, since natural disaster such as earthquake is oftenly happened in Yogyakarta. The area in this study is divided into 16 sectors and the most affected one is in the 15th sector, because the wind blows toward the northwest. In this simulation, the result of the deposited radionuclide concentration on the ground for  $^{90}\text{Sr}$  nuclide is  $(9,554 \pm 0,0097) \times 10^5 \text{ Bq/m}^3$  and  $^{137}\text{Cs}$  nuclide is  $(7,712 \pm 0,027) \times 10^4 \text{ Bq/m}^3$ , and effective dose received by the population is  $(3,974 \pm 0,199) \times 10^{-2} \text{ mSv}$ . If the result is compared to “Perka Bapeten Nomor 7 tahun 2013 Tentang Nilai Batas Dosis Lingkungan” that the concentration value on the ground in 15th sector at a distance of 0,25 km from the accident center exceeds the safe limit for both nuclides, according to “Perka Bapeten Nomor 4 Tahun 2013 Tentang Proteksi dan Keselamatan Radiasi Dalam Pemanfaatan Tenaga Nuklir” in the 15th sector at a distance of 0,25 km is still within the safe limit.*

**Keywords:** Reactor Accident, Deterministic Method, ORIGEN2, and PC-Cosyma



## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT atas segala limpahan nikmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan naskah Skripsi. Sholawat serta salam senantiasa penulis haturkan kepada Rasulullah SAW sebagai pembimbing seluruh umat manusia.

Skripsi yang penulis susun sebagai bagian dari syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Sains ini penulis beri judul **“Analisis Dampak Kecelakaan Reaktor Kartini Yogyakarta Ditinjau Dari Distribusi Radionuklida  $^{90}\text{Sr}$  dan  $^{137}\text{Cs}$  Menggunakan *Software* PC Cosyma”**. terselesaikannya Skripsi ini adalah suatu kebahagiaan bagi saya. Setelah sekitar satu semester penulis berjuang untuk bisa menyelesaikan Skripsi ini tepat waktu. Dengan segala suka dan duka, pada akhirnya Skripsi ini terselesaikan. Kepada berbagai pihak yang telah membantu penulis menyelesaikan Skripsi ini penulis ucapkan terima kasih. Atas bantuannya yang sangat besar selama proses pengerjaan Skripsi ini, ucapan terima kasih secara khusus penulis sampaikan kepada :

1. Allah SWT yang telah memberikan kemudahan penulis dalam menyelesaikan Skripsi ini.
2. Bapak Drs. Suharyana, M.Sc selaku pembimbing Skripsi I yang telah bersedia membimbing penulis dalam proses menyelesaikan Skripsi dan memotivasi penulis untuk segera menyelesaikan Skripsi tepat waktu.
3. Ibu Dr. Diah Hidayanti selaku pembimbing II yang telah membimbing dan mengajarkan penulis tentang ilmu baru, sehingga dapat terselesaikan Skripsi ini.
4. Ibu Dra. Riyatun, M.Si yang telah ikut serta membimbing penulis dalam menyelesaikan Skripsi tepat waktu.

Semoga Allah SWT membalas jerih payah dan pengorbanan yang telah diberikan dengan balasan yang lebih baik. Amiin.

Surakarta, 07 Juli 2017

penulis

## **PUBLIKASI**

Makalah skripsi saya yang berjudul “Analisis Deterministik Dampak Kecelakaan Reaktor Kartini Terhadap Konsentrasi Radionuklida Di Tanah Menggunakan Software PC-Cosyma” telah *disubmit* pada repository UNS dengan URL sebagai berikut:

[https://digilib.uns.ac.id/dokumen/download/57900/MjY0MzIw/Analisis-deterministik-dampak-kecelakaan-reaktor-Kartini-terhadap-konsentrasi-radionuklida-di-tanah-menggunakan-software-PC-Cosyma-Desintha-Fachrunnisa\\_M0213021.pdf](https://digilib.uns.ac.id/dokumen/download/57900/MjY0MzIw/Analisis-deterministik-dampak-kecelakaan-reaktor-Kartini-terhadap-konsentrasi-radionuklida-di-tanah-menggunakan-software-PC-Cosyma-Desintha-Fachrunnisa_M0213021.pdf)

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b> .....	ii
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	iii
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	iv
<b>HALAMAN MOTTO</b> .....	v
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	vi
<b>HALAMAN ABSTRAK</b> .....	vii
<b>HALAMAN ABSTRACT</b> .....	viii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	ix
<b>HALAMAN PUBLIKASI</b> .....	x
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xi
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xiii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xiv
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xv
<b>DAFTAR SIMBOL</b> .....	xvi
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Batasan Masalah .....	5
1.3 Perumusan Masalah.....	6
1.4 Tujuan Masalah.....	6
1.5 Manfaat Penelitian .....	6
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	8
2.1 Reaktor Nuklir .....	8
2.2 Reaktor Kartini.....	8
2.3 Reaksi Fisi.....	10
2.3.1 Nuklida Hasil Fisi.....	12
2.4 Karakterisasi Nuklida Hasil Fisi.....	13
2.5 Radioaktivitas.....	14
2.6 Dosis.....	15
2.6.1 Paparan.....	16
2.6.2 Dosis Serap.....	16
2.6.3 Dosis Efektif.....	17
2.6.4 Limitasi Dosis.....	18
2.7 Program ORIGEN2 (Isotope Generation and Depletion Code).....	19
2.8 PC-COSYMA (Code System of Methodes for Assesing radiological Impact of Accident).....	20
2.8.1 Data Meteorologi.....	21
2.8.2 Perhitungan Sebaran Leasan radioaktif.....	23
2.8.3 Dispersi dan Deposisi.....	24
2.9 Dispersi Atmosfer.....	25
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	27
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian.....	27

3.2 Alat dan Bahan Penelitian.....	27
3.3 Prosedur Simulasi Penelitian.....	28
3.3.1 Perhitungan Massa Elemen Bahan Bakar.....	29
3.3.2 Pembuatan Input ORIGEN2.....	29
3.3.3 Proses Running ORIGEN2.....	32
3.3.4 Software PC-COSYMA.....	33
3.3.5 Analisis Data.....	35
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>36</b>
4.1 Perhitungan Nilai Konsentrasi Menggunakan <i>Software</i> PC-Cosyma.....	37
4.2 Perhitungan Dosis Radiasi Yang Diterima Individu Dalam Jangka Waktu Panjang.....	46
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>48</b>
5.1 Kesimpulan.....	49
5.2 Saran.....	50
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>51</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>53</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Dimensi kisi reaktor TRIGA Mark II .....	10
Tabel 2.2	Contoh nuklida hasil fisi $^{235}\text{U}$ dan presentasinya .....	13
Tabel 2.3	Nilai faktor bobot berbagai organ tubuh .....	18
Tabel 2.4	Klasifikasi tipe stabilitas atmosfer .....	21
Tabel 4.1	Perhitungan massa elemen bahan bakar.....	37
Tabel 4.2	Nilai radioaktivitas dalam satuan becquerel .....	37
Tabel 4.3	Sebaran konsentrasi di tanah untuk nuklida $^{137}\text{Cs}$ dan $^{90}\text{Sr}$ pada sektor terdampak .....	38
Tabel 5.1	Hasil perbandingan nilai konsentrasi radionuklida di tanah hasil simulasi terhadap Perka Bapeten .....	49
Tabel L.1.1	Hasil perhitungan elemen bahan bakar.....	54
Tabel.L.5.1	Nilai konsentrasi $^{90}\text{Sr}$ pada jumlah elemen bakar 69 pada 16 sektor..	64
Tabel.L.6.1	Nilai konsentrasi $^{137}\text{Cs}$ pada jumlah elemen bakar 69 pada 16 sektor.....	66

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Konfigurasi teras reaktor Kartini .....	9
Gambar 2.2	Reaksi fisi berantai .....	11
Gambar 2.3	Distribusi nuklida hasil fisi .....	12
Gambar 2.4	Arah kecepatan angin pada bulan Juni menurut BMKG .....	22
Gambar 2.5	Peta daerah terdampak radiasi .....	23
Gambar 2.6	Model alur paparan dari lepasan di atmosfer ke manusia .....	24
Gambar 3.1	Skema penelitian analisis sebaran dampak radionuklida menggunakan <i>software</i> Origen2.1 dan Pc-Cosyma .....	28
Gambar 3.2	Contoh <i>input</i> pada program Origen2.1 pada kondisi 34 elemen bahan bakar meleleh .....	29
Gambar 3.3	Contoh <i>output</i> program Origen2.1 .....	32
Gambar 3.4	Pembagian wilayah menjadi 16 sektor.....	35
Gambar 4.1	Konsentrasi $^{90}\text{Sr}$ pada kondisi 69 elemen bahan bakar pada jarak 0-60 km .....	40
Gambar 4.2	Konsentrasi $^{90}\text{Sr}$ pada sektor 14,15, dan 16 pada jarak 0-1 km dari pusat kecelakaan .....	41
Gambar 4.3	Konsentrasi $^{137}\text{Cs}$ pada kondisi 69 elemen bahan bakar pada jarak 0-60 km .....	42
Gambar 4.4	Konsentrasi $^{137}\text{Cs}$ pada sektor 14,15, dan 16 pada jarak 0-1 km dari pusat kecelakaan .....	43
Gambar 4.5	Peta sekitar PSTA-Batan, Yogyakarta .....	44
Gambar 4.6	Dosis efektif (Sv) terhadap jarak 0-60 km dari pusat kecelakaan.....	46
Gambar 4.7	Dosis efektif (Sv) terhadap jarak 0-1 km dari pusat kecelakaan reaktor .....	47
Gambar L.2.1	Deskripsi <i>output</i> pada ORIGEN2.....	55
Gambar L.2.2(a)	Data <i>library</i> pada ORIGEN2.....	56
Gambar L.2.2(b)	Data <i>library</i> pada ORIGEN2.....	57
Gambar L.2.3	Deskripsi <i>input/output</i> pada ORIGEN2.....	57
Gambar L.2.4	<i>Setting</i> aktinida dengan produk fisi langsung.....	58
Gambar L.2.5	Penunjukan unit waktu.....	58
Gambar L.3.1	Skrip <i>input</i> untuk variasi 6 selongsong.....	59
Gambar L.3.2	Skrip <i>input</i> untuk variasi 16 selongsong.....	59
Gambar L.3.3	Skrip <i>input</i> untuk variasi 34 selongsong.....	60
Gambar L.3.4	Skrip <i>input</i> untuk variasi 57 selongsong.....	60
Gambar L.3.5	Skrip <i>input</i> untuk variasi 69 selongsong.....	61
Gambar L.4.1(a)	Contoh output ORIGEN2.....	61
Gambar L.4.1(b)	Lanjutan contoh <i>output</i> .....	62
Gambar L.4.1(c)	Lanjutan contoh <i>output</i> .....	62
Gambar L.4.1(d)	Lanjutan contoh <i>output</i> .....	62
Gambar L.4.1(e)	Lanjutan contoh <i>output</i> .....	63
Gambar L.4.1(f)	Lanjutan contoh <i>output</i> .....	63

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Perhitungan elemen bahan bakar.....	53
Lampiran 2	Deskripsi <i>input</i> pada program ORIGEN2.....	55
Lampiran 3	Skrip <i>input</i> untuk ORIGEN2.....	58
Lampiran 4	Contoh <i>output</i> di program ORIGEN2.....	61
Lampiran 5	Nilai konsentrasi $^{90}\text{Sr}$ pada jumlah elemen bakar 69 pada 16 sektor.....	64
Lampiran 6	Nilai konsentrasi $^{137}\text{Cs}$ pada jumlah elemen bakar 69 pada 16 sektor.....	66

## DAFTAR SIMBOL

$\Gamma$	Pancaran radiasi gamma
$B$	Pancaran radiasi beta
$N$	Neutron
$\lambda$	Konstanta peluruhan
$N_A$	Bilangan avogadro
$A$	Nomor massa
$T$	Waktu peluruhan
$A_t$	Aktivitas pada saat t
$A_0$	Aktivitas mula-mula
$X$	Paparan radiasi
$\Sigma$	Sigma/jumlah
$E_\tau$	Dosis efektif
$W_t$	Nilai faktor bobot jaringan
$D$	Dosis serap
$X_i$	Densitas atom untuk nuklida i
$N$	Jumlah radionuklida
$I_{ij}$	Fraksi disintegrasi radionuklida
$\emptyset$	Fluks Neutron
$f_{ik}$	Fraksi absorpsi neutron
$\sigma_k$	Tampang lintang dari nuklida k
$H$	Ketinggian
$r_i$	Laju kehilangan nuklida i
$F_i$	Laju pembentukan nuklida i
$U$	Kecepatan angin rata-rata